



Prof. Dr. Göran Kauermann

Telefon +49 (0)89 2180-6253

goeran.kauermann@lmu.de

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Telefon +49 (0)89 2180-2789

kuechenhoff@stat.uni-muenchen.de

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

CODAG Bericht Nr. 10
05.03.2021

1. **Infektionen unter Schulkindern zeigen keinen Zusammenhang mit den Infektionszahlen in anderen Altersgruppen**

   Cornelius Fritz, Göran Kauermann, Ursula Berger

2. **Gibt es eine dritte Welle? Aktuelle Analysen zum Infektionsgeschehen**

   Felix Günther, Wolfgang Hartl[1], Marc Schneble, Daniel Schlichting, Helmut Küchenhoff

Weitere Informationen zu unseren Analysen und vorherige Berichte der COVID-19 Data Analysis Group (CODAG) finden sich auf unserer Homepage

https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html

[1] Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern,KUM

1. Infektionen unter Schulkindern zeigen keinen Zusammenhang mit den Infektionszahlen in anderen Altersgruppen

Cornelius Fritz, Göran Kauermann, Ursula Berger

Bereits im CODAG-Bericht Nr. 8 haben wir uns der Frage gewidmet, ob und in welcher Weise das Infektionsgeschehen in der Altersgruppe der Schulkinder das Infektionsgeschehen in anderen Altersgruppen beeinflusst. Neben den Daten zu Ausbrüchen in bayerischen Schulen haben wir den Zusammenhang zwischen den Infektionszahlen unterschiedlicher Altersgruppen in Deutschland analysiert. Wir greifen diese Frage erneut auf und ergänzen die Ergebnisse aus Bericht Nr. 8 mit detaillierten Analysen zu den Inzidenzen in Bayern. Dazu betrachten wir die Zeiträume vor dem "strikten" Lockdown (Mitte November bis Mitte Dezember, KW 46-50) und während des Lockdowns (Mitte Januar bis Mitte Februar, KW 3-7). Anders als im Bericht Nr. 8 benutzen wir hier nicht die RKI Daten, sondern detaillierte Daten vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, welche es uns ermöglichen geeignetere Altersgruppen zu betrachten als die vom RKI angegebenen. Bei der Definition der ersten beiden Altersgruppen richten wir uns nach dem Vorschlag der WHO[2]:

- 5 bis 11 Jahre
- 12 bis 20 Jahre
- 21 bis 40 Jahre
- 41 bis 65 Jahre
- über 65 Jahre

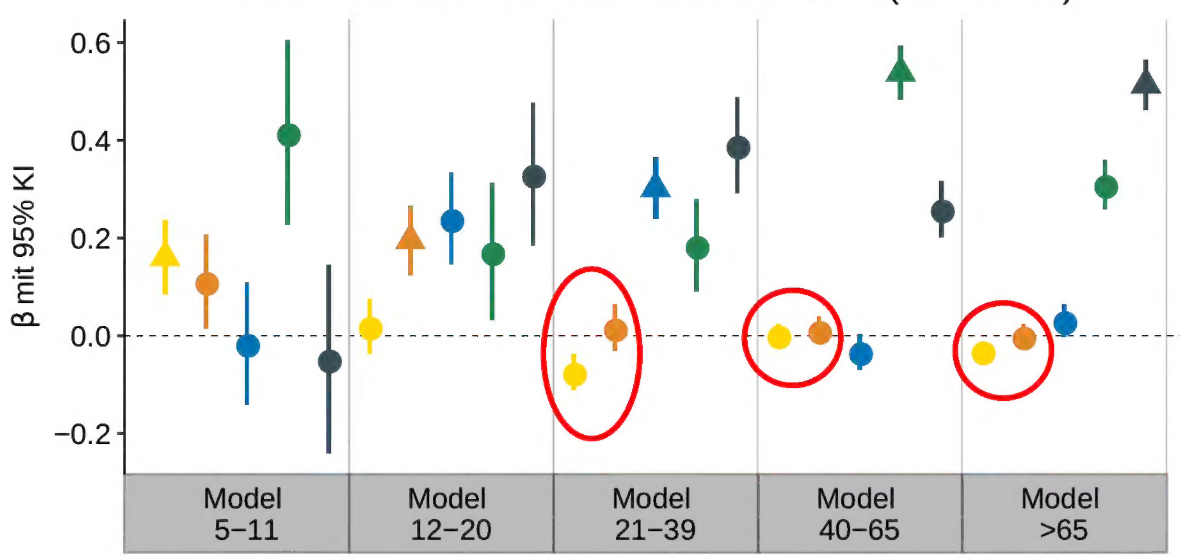
Als Analysemodell benutzen wir ein sogenanntes autoregressives Poissonmodell. Dabei betrachten wir für jede Altersgruppe getrennt die Inzidenzen in der aktuellen Woche und versuchen diese aus den Inzidenzen der eigenen und aller anderen Altersgruppe aus der Vorwoche vorherzusagen. Hierzu ziehen wir Daten auf Kreisebene heran, sprich wir analysieren in den jeweiligen Kreisen, inwieweit die Inzidenzen der Vorwoche das aktuelle Infektionsgeschehen beeinflussen. Grundsätzlich muss bei dieser autoregressiven Analyse angemerkt werden, dass sie Zusammenhänge des Infektionsgeschehens untersucht aber keine kausalen Schlüsse zur Infektionskette zulässt. Eine wichtige Eigenschaft des hier gewählten statistischen Modells ist die Adjustierung für eine alters- und wochenspezifische Dunkelziffer. Es ist mittlerweile bekannt, dass gemeldete Inzidenzen das aktuelle Infektionsgeschehen nicht vollständig wiedergeben, da es eine Dunkelziffer von unentdeckten Infektionen gibt. Unter der Annahme, dass nur ein gewisser (unbekannter) Prozentsatz an aktuellen Infektionen durch Tests nachgewiesen werden kann, liegt der Schluss nahe, dass diese Dunkelziffer bei statistischen Analysen von Infektionszahlen zu fehlerhaften Ergebnisse führen kann. **Der von uns gewählte Ansatz ist robust bezüglich diesem Problem. Mit anderen Worten: Die Ergebnisse werden nicht durch unbekannte Dunkelziffern verzerrt**. Eine detaillierte Beschreibung des gewählten Modellierungsansatzes folgt am Ende dieses Kapitels.

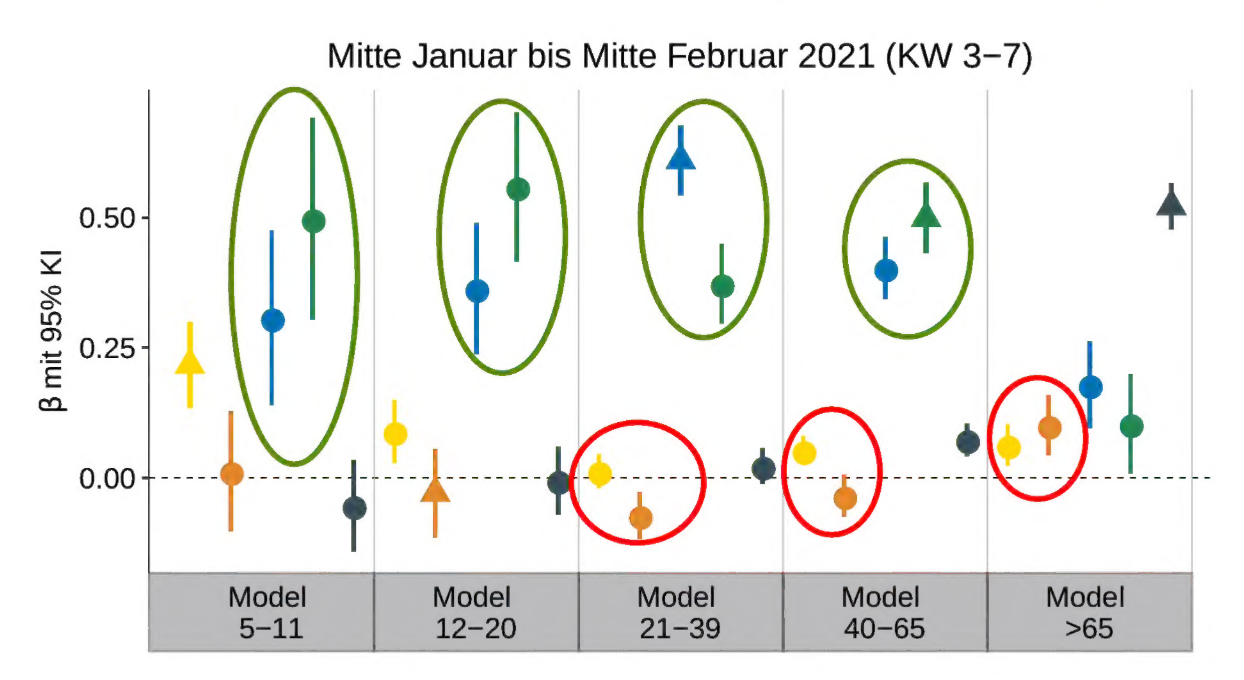
[2] siehe https://apps.who.int/iris/handle/10665/333919

Abbildung 1.1. Effekt der Inzidenzen der Vorwoche in unterschiedlichen Altersgruppen (farblich markiert) auf die wochenaktuellen Inzidenzen für die Kalenderwochen 46 - 50 2020 (oberer Plot) und die Kalenderwochen 3 - 7 2021 (unterer Plot), nach Altersgruppen stratifiziert.

Einfluss auf die wochenaktuellen Inzidenzen

Mitte November bis Mitte Dezember 2020 (KW 46−50)





Inzidenzen der Vorwoche in der Altersgruppe: 5−11 12−20 21−39 40−65 >65

Daten: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit LGL
Visualisierung und Analyse: CoDAG LMU Munich

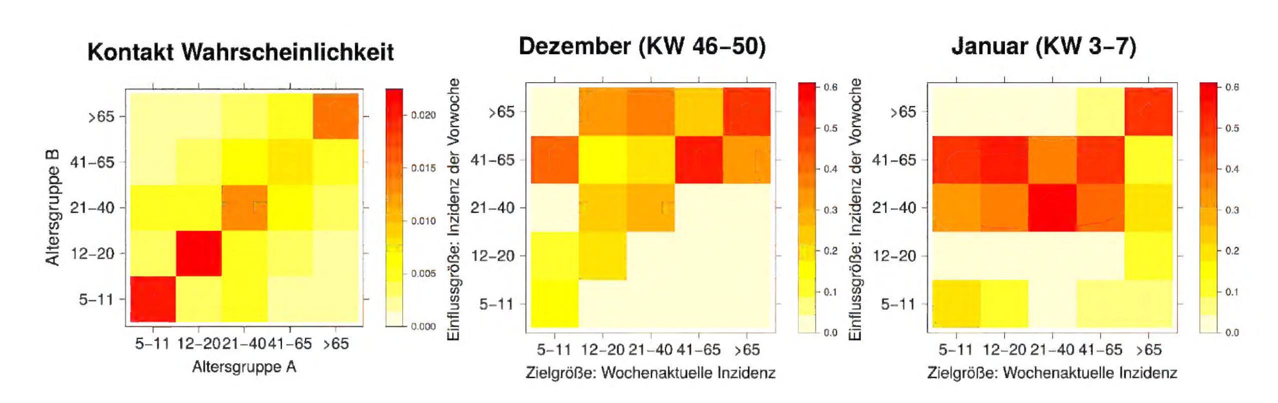
In Abbildung 1.1. (obere Graphik) stellen wir die Effekte der Inzidenzen der Vorwoche in den einzelnen Altersgruppen auf die Vorhersage von aktuellen altersspezifischen Inzidenzen dar. Konkret zeigen die ersten fünf vertikalen Linien in dem Plot, welchen Einfluß die Inzidenzen der Altersgruppen 5-11, 12-20, 21-39, 40-65 Jahre und über 65 Jahre auf die Inzidenzen bei den 5-11 Jährigen im Zeitraum von Mitte November bis Mitte Dezember 2020 (KW 46-50) haben. Dabei sind die einzelnen Effekt-Schätzer (Punkt bzw. Dreieck) inklusive der resultierenden Konfidenzintervalle (Länge der Linien) angegeben. Aus der oberen Darstellung ist klar ersichtlich, dass sich höhere Inzidenzen der 5-11 Jährigen zum Teil aus höheren Inzidenzen in der gleichen Altersgruppe in der Vorwoche erklären, den größten Einfluss haben jedoch die Inzidenzen der 40-65 Jährigen. **Mit anderen Worten: Große (bzw. kleine) Inzidenzen bei den 40-65 Jährigen führen zu großen (bzw. kleinen) Inzidenzen bei den 5-11 Jährigen in der Folgewoche**. Für die Altersgruppe der 12-20 Jährigen ergibt sich ein ähnliches Bild. Auffällig ist hier, dass die Inzidenzen bei den 5-11 Jährigen praktisch keinen Einfluß auf die Infektionszahlen in dieser Gruppe haben.

Relevanter ist es nun der Frage nachzugehen, welchen Einfluss die Infektionszahlen bei den SchülerInnen, hier betrachtet als die zwei Altersgruppen 5-11 Jahre und 12-20 Jahre, auf die Infektionszahlen in den höheren Altersgruppen haben. Diese Effekte sind im Plot durch rote Kreise markiert. Hier wird kein Zusammenhang sichtbar: die geschätzten Effekte sind 0 bzw. sogar negativ. **Es zeigt sich also, dass im Zeitraum Mitte November bis Mitte Dezember hohe Inzidenzzahlen bei der älteren Bevölkerung nicht in Zusammenhang mit vorhergehenden hohe Inzidenzzahlen bei Schüler*innen stehen.**

Die untere Graphik in Abbildung 1.1. ist analog aufgebaut und zeigt die Analysen in Zeiten des "strikten" Lockdowns im Januar/Februar während der Kalenderwochen 3-7. Zunächst sieht man, dass sich die Effekte der Schüler*innen, also der 5-11 und 12-20 Jährigen, auf die anderen Altersgruppen in diesem Zeitraum kaum von Zeitraum November/Dezember unterscheiden. Die rot eingekreisten Effekte in Abbildung 1.1. in der unteren Grafik sind ähnlich zu den rot eingekreisten Effekten in der oberen Grafik nahe Null. **Wir können also festhalten, dass der Einfluss der Inzidenzzahlen bei den Kindern und Jugendlichen auf die Inzidenzzahlen der anderen Altersgruppen zu Zeiten von Präsenzunterricht (Abbildung 1.1. oben) praktisch gleich zu "*Homeschooling Zeiten*" ist (Abbildung 1.1. unten).**

Auffällig in der unteren Graphik in Abbildung 1.1. ist darüber hinaus der starke Einfluss der Inzidenzzahlen bei den 21-39 Jährigen und 40-65 Jährigen, markiert durch die grünen Kreise. **Es handelt sich hier um die Bevölkerungsgruppe, die üblicherweise einer Arbeit nachgeht. Insofern zeigt sich, dass in der Zeit während des Lockdowns, die Inzidenzen in den Altersgruppen der arbeitenden Bevölkerung die Inzidenzzahlen in allen anderen Altersgruppen (bis auf die >65 Jährigen) beeinflussen.**

Abbildung 1.2. Kontakt-Wahrscheinlichkeiten an einem bestimmten Tag zwischen den jeweiligen Altersgruppen (erster Plot) und Effekte der Inzidenzen der unterschiedlichen Altersgruppen in der vorherigen Woche auf die Vorhersage der aktuellen Inzidenzen in den einzelnen Altersgruppen für die Kalenderwochen 46 - 50 2020 (zweiter Plot) und für die Kalenderwochen 3 - 7 2021 (dritter Plot).



Wir schließen diese Analyse ab, indem wir die oben gezeigten Effekte auf eine andere Art visualisieren und mit allgemeinen Kontaktmustern zwischen den Altersgruppen vergleichen. Hierzu nutzen wir die POLIMOD Studie (Mossong et al., 2008), welche aus Survey-Daten von 7290 Teilnehmern aus 8 europäischen Ländern in 2005/2006 die relativen Wahrscheinlichkeiten berechnen, dass sich zufällige Personen aus zwei bestimmten Altersgruppen an einem Tag treffen. In diesem Kontext ist ein Treffen als Haut-zu-Haut Kontakt (körperlicher Kontakt) oder zweiseitige Konversation in der Präsenz von mindestens einer weiteren Person definiert. Da in unserer Analyse nur Daten aus Deutschland verwendet wurden, beschränken wir uns auf die deutschen Probanden bei der Berechnung. In Abbildung 1.2. zeigen wir im linken Plot die Kontaktwahrscheinlichkeiten. Man erkennt, dass sich Kinder (5-11 Jahre) und Jugendliche (12-20 Jahre) zu “normalen” Zeiten vornehmlich untereinander treffen. Bei den 21-40 und 41-65 Jährigen nimmt die Konzentration der Kontakte auf die eigene Altersgruppe ab und steigt erst wieder bei Austritt aus der Berufstätigkeit mit 65+ Jahren.

Wir vergleichen hierzu nun das Infektionsgeschehen aus der obigen Analyse, welches in den beiden rechten Graphiken in Abbildungs 1.2. dargestellt ist. In der Mitte für KW 46-50 und rechts für die Lockdownzeit. Dazu sind zeilenweise die Effekte der Inzidenzen der Vorwoche der einzelnen Alterskategorien auf die Inzidenzen der aktuellen Woche in Spalten dargestellt. Je kräftiger das Rot eines Quadrats, desto höher der Effekt. Man erkennt zunächst noch einmal die dominierende Rolle der 21-65 Jährigen in den Wochen des Lockdowns, ersichtlich durch die beiden überwiegend roten Zeilen im rechten Plot. Die Infektionszahlen in der arbeitenden Bevölkerung (20-39 und 40-65 Jahre) beeinflussen die Infektionszahlen aller betrachteten Altersgruppen. Im Vergleich mit dem Kontaktmuster zeigt das Muster des Infektionsgeschehen doch deutliche Unterschiede. Diese gilt auch für die Zeitspanne im November/Dezember, so dass man aus den Kontakt-Wahrscheinlichkeiten nicht direkt auf das Infektionsmuster schließen kann.

Insgesamt zeigt sich aber vor allem, dass das Infektionsgeschehen, so wie oben modelliert, keine große Vergleichbarkeit zur sozialen Kontaktwahrscheinlichkeit hat. Ein direkter Zusammenhang zwischen Infektionszahlen und sozialen Kontakten ist somit aus den Daten nicht direkt ersichtlich.

Abschließend ist noch anzumerken, dass weitere Analysen mit detaillierteren Daten notwendig sind, um den Einfluss der steigenden Virus-Varianten auf die gerade dargestellten Untersuchungen quantifizieren zu können.

Modellbeschreibung: Wir modellieren die Daten anhand eines Poissonmodells. Dabei nehmen wir an, dass die registrierten Inzidenzzahlen je Altersgruppe bis zu einem proportionalen Anteil die Anzahl der Infektionen wiedergeben. Das heißt, ist D_t die Anzahl der gemeldet Infizierten zum Zeitpunkt t und I_t die Anzahl tatsächlich Infizierter, so ist $I_t = \rho_t * D_t$. In unserem Ansatz modellieren wir die unbekannte Anzahl I_t als Poisson-verteilte Zufallsvariablen deren Erwartungswert von den Infektionen der Vorwoche abhängt. Vereinfacht dargestellt gilt:

$$E(I_t) = \rho_t * E(D_t) = exp\{\beta_{0,t} + log(I_{t-1})\beta\},$$

wobei $\beta_{0,t}$ ein zeitvariierender Achsenabschnitt (intercept) ist und β der Effekt der Inzidenzen in der Vorwoche aller Altersgruppen auf die aktuelle Wocheninzidenz einer spezifischen Altersgruppe ist. Setzt man für I_t die oben genannte multiplikative Darstellung ein, ergibt sich:

$$E(D_t) = exp\{\gamma_{0,t} + log\,(D_{t-1})\beta\},$$

wobei nun $\gamma_{0,t}$ der zeitvariierender Achsenabschnitt ist, der möglicherweise durch die unbekannte Dunkelziffer beeinflusst wird. Der Effekt β bleibt jedoch von der Dunkelziffer unbeeinflusst. Das Modell ist somit in der Lage, den Effekt der tatsächlichen Inzidenz der Vorwoche auch die tatsächliche wochenaktuelle Inzidenz zu quantifizieren, auch wenn nur gemeldete Infektionszahlen vorliegen.

Literatur

Mossong J, Hens N, Jit M, Beutels P, Auranen K, et al. (2008) *Social contacts and mixing patterns relevant to the spread of infectious diseases*. PLoS Med 5(3) e74. doi:10.1371/journal.pmed.0050074

2. Gibt es eine dritte Welle? Aktuelle Analysen zum Infektionsgeschehen

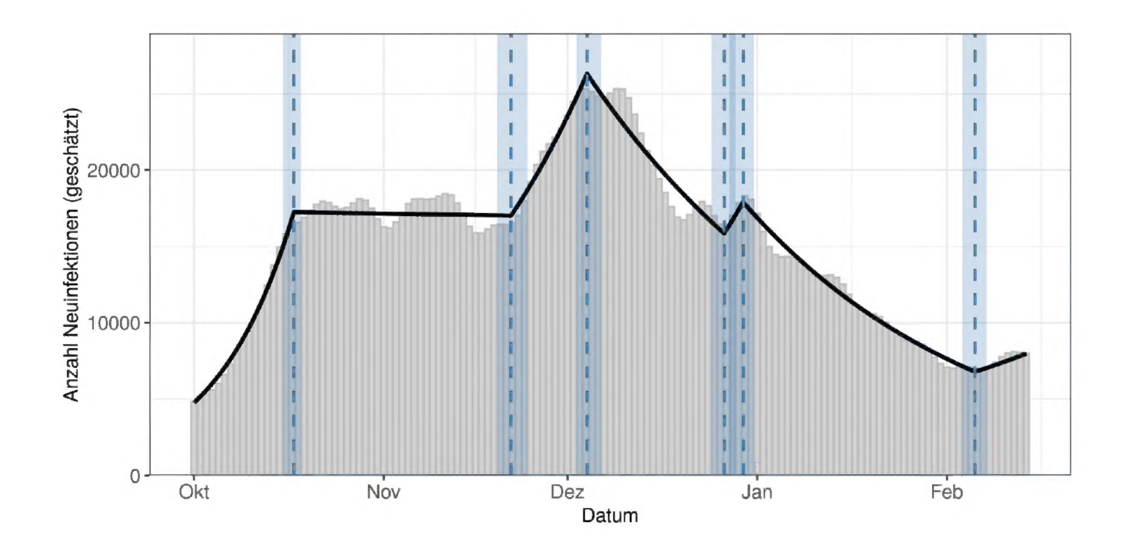
Felix Günther, Wolfgang Hartl, Marc Schneble, Daniel Schlichting, Helmut Küchenhoff

Es wird zur Zeit viel über den möglichen Beginn einer dritte Welle im SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen in Deutschland diskutiert. Im Folgenden stellen wir die zeitliche Entwicklung unterschiedlicher Indikatoren zum aktuellen Infektionsgeschehen dar, um zu untersuchen, ob eine solche Entwicklung aus den Daten ersichtlich ist. Als ersten Indikator betrachten wir die gemeldeten Fallzahlen in Bezug auf die geschätzte Anzahl an erwarteten Neuinfektionen pro Tag. Dazu verwenden wir die Ergebnisse von Nowcasting-Modellen um für bereits eingetretene, aber noch nicht berichtete Fälle zu adjustieren und rechnen mittels einem Rückprojektionsverfahren auf die Infektionszeitpunkte zurück. Die zeitliche Entwicklung der daraus resultierenden erwarteten Anzahl von Neuinfektionen pro Tag wird mittels Bruchpunktmodellen untersucht. Dies führen wir für Deutschland und Bayern insgesamt durch und präsentieren Resultate nach Altersgruppen getrennt für Bayern. Als zweiten Indikator präsentieren wir die zeitliche Entwicklung der geschätzten, mittleren Anzahl an COVID-19 Neuaufnahmen auf die Intensivstationen. Diese Analyse wird ebenfalls mittels Bruchpunktmodellen pro Bundesland durchgeführt. Als dritten Indikator werden die Ergebnisse eines Nowcasting Modells für die Anzahl an in Zukunft auftretender Todesfälle unter den aktuell neu gemeldeten SARS-CoV-2 Fällen auf der gesamtdeutschen Ebene betrachtet. Die unterschiedlichen Analyseansätze werden gewählt, um mit Herausforderungen der jeweiligen Datenquellen für die Beschreibungen des aktuellen Infektionsgeschehens adäquat umzugehen. Die verwendeten Methoden sind in wissenschaftlichen Publikationen dokumentiert und zugrundeliegender Code ist online frei verfügbar (Günther et al. 2020, Küchenhoff et al. 2020, Günther 2021, Schneble et al. 2020). Die unterschiedlichen Indikatoren beschreiben unterschiedliche Aspekte des Infektionsgeschehens und besitzen unterschiedliche Grenzen hinsichtlich ihrer Aussagekraft. Zum besseren Verständnis des aktuellen Geschehens ist es deswegen sinnvoller, entsprechende Indikatoren nicht getrennt voneinander, sondern gemeinsam zu betrachten.

2.1. Geschätzte Neuinfektionen

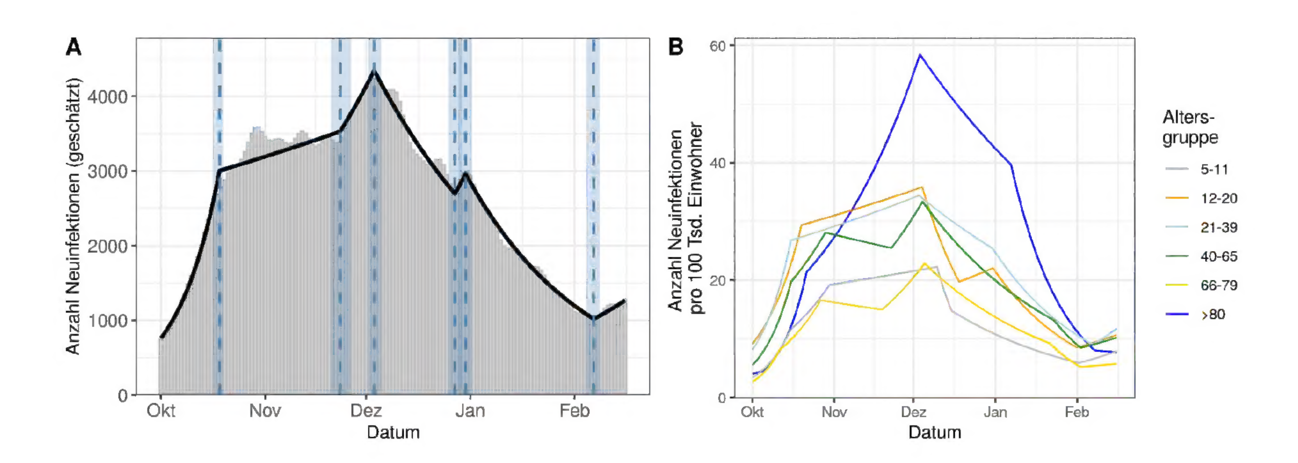
Abbildung 2.1 zeigt den Verlauf der geschätzten Anzahl an täglichen Neuinfektionen in Deutschland. Es ist ein Bruchpunkt um den 6.2. zu sehen. Ab diesem Zeitpunkt ist eine Umkehr des Trends weg von einem Rückgang der Zahl an Neuinfektionen hin zu einem leichten Wachstum zu erkennen. Ab diesem Bruchpunkt beträgt der tägliche Steigungsfaktor 1.02 (95%-Konfidenzintervall: [1.01-1.03]). Dies entspricht einer Verdopplungszeit von ca. 35 Tagen (Konfidenzintervall : [24 - 70] Tage).

Abbildung 2.1. Bruchpunktanalyse der Daten zu den geschätzten Neuinfektionen in Deutschland. Gezeigt wird der gesamte Verlauf seit Anfang Oktober mit den sechs geschätzten Bruchpunkten (blaue Linien), die eine Trendänderung markieren.



Die Bayerischen Infektionszahlen weisen einen ähnliche Struktur auf (Abbildung 2.2. A). Hier findet sich ein der geschätzte Bruchpunkt am 7.2., nach diesem Tag beläuft sich der tägliche Steigungsfaktor ist auf ebenfalls 1.02 [1.01-1.03]. Bei der Betrachtung der Entwicklung der Neuinfektionen in den einzelnen Altersgruppen fallen spezifische Unterschiede im V´zeitlichen Verlauf auf (Abbildung 2.2. B). Der Rückgang der Infektionszahlen seit Anfang/Mitte Dezember setzt sich in keiner Altersgruppe fort, und speziell bei Berufstätigen und bei Jugendlichen und Kindern ist aktuell ein Aufwärtstrend bei den geschätzten Neuinfektionen zu erkennen. In der Hochrisikogruppe der Alten (>65 Jahre) ist aktuell jedoch kein Anstieg der aus den Meldezahlen geschätzten Infektionszahlen ersichtlich.

Abbildung 2.2. Bruchpunktanalyse der Daten zu den geschätzten Neuinfektionen in Bayern. Die linke Grafik zeigt Gesamtverlauf insgesamt mit den geschätzten Bruchpunkten (blaue Linien), die eine Trendänderung markieren. Auf der rechten Grafik ist die entsprechenden Analyse getrennt nach Altersgruppen dargestellt.



2.2. Entwicklung der Situation auf den Intensivstationen in den Bundesländern

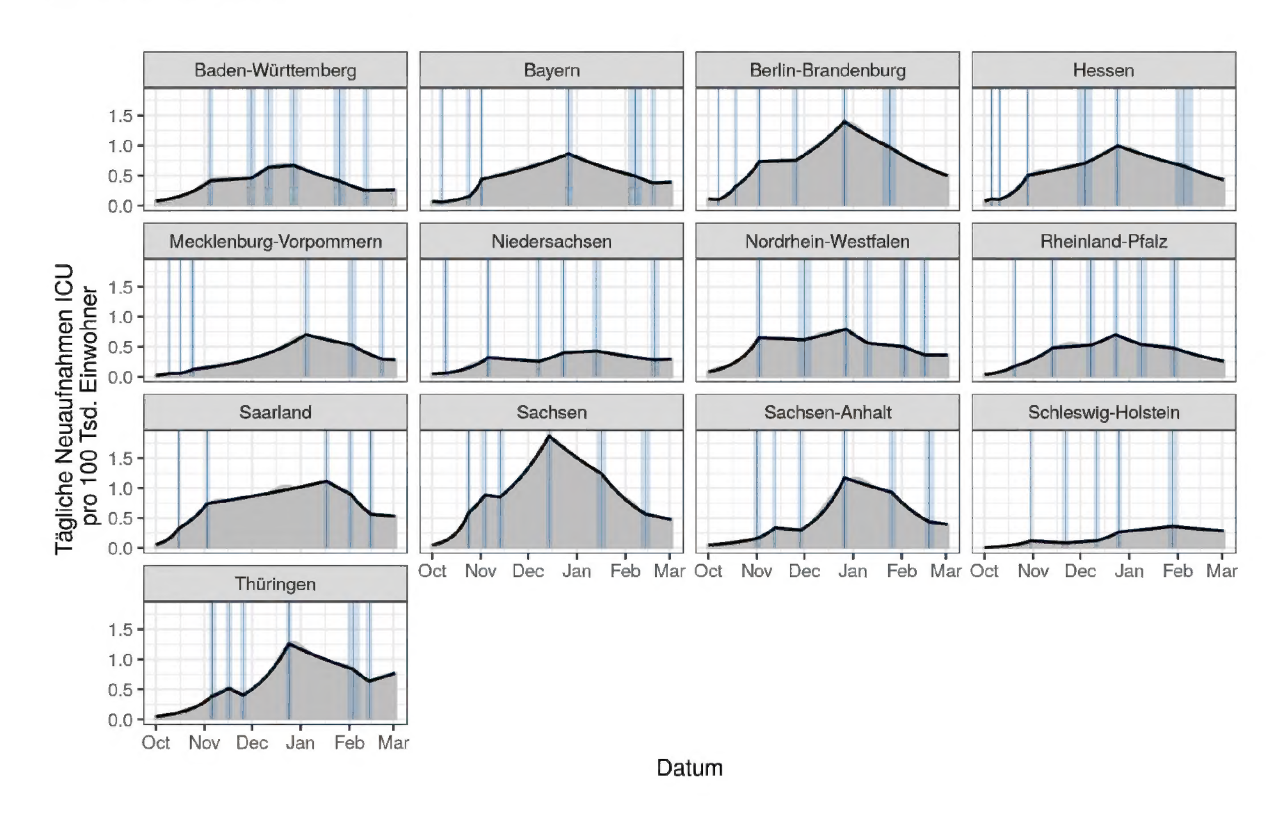
Die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Notfall- und Intensivmedizin (DIVI[3]) stellt täglich Daten zur Belegung von Betten mit COVID-19 Patienten auf Intensivstationen (Intensive Care Unit - ICU) zur Verfügung. ICU-Neuaufnahmen werden von der DIVI leider nur auf Bundesebene veröffentlicht. Um die entsprechenden Zahlen auf der Ebene der Bundesländer abzuschätzen, verwenden wir ein statistisches Modell: Die Belegungszahl an einem bestimmten Tag setzt sich aus der Anzahl der Neuaufnahmen am selben Tag sowie der Anzahl neu aufgenommenen Personen der Vortage zusammen, die weiterhin auf der Intensivstation behandelt werden. Wenn die Verteilung der Liegedauern auf den Intensivstationen bekannt ist, kann aus der Anzahl der belegten Betten die Anzahl an Neuaufnahmen pro Tag geschätzt werden[4]. Da viele Patient*innen aus Brandenburg Berliner Kliniken nutzen, werden die Daten aus Berlin und Brandenburg zusammengefasst. Aufgrund der Besonderheiten bei Kliniken in den Bundesländern Hamburg und Bremen ist eine Rückrechnung der Neuaufnahmen hier nicht möglich. Daher bleiben diese beiden Bundesländer in der Berechnung unberücksichtigt.

Für die detaillierte Analyse einer möglichen Trendwende verwendeten wir erneut Bruchpunktmodelle. Hierbei wird der Verlauf der Kurven datengesteuert in unterschiedliche Phasen gleichen Wachstums bzw. Rückgangs eingeteilt. Details zur Methodik siehe Küchenhoff et al. (2020). Während wir uns im letzten Bericht[4] auf die Zeitpunkte der Trendumkehr konzentriert haben, betrachten wir nun die aktuellsten Entwicklungen um zu untersuchen ob der Rückgang der Neuaufnahmen auf die Intensivstationen in den einzelnen Bundesländern anhält und ob es Veränderungen in der Entwicklung gibt.

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass sich die aktuelle Entwicklung der Situation auf den Intensivstationen zwischen den Bundesländern stark unterscheidet (Abbildung 2.3). Die Bundesländer lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen: Länder mit einem anhaltenden Rückgang der täglichen ICU-Neuaufnahmen (Berlin-Brandenburg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Schleswig-Holstein), sowie Länder, in denen der die Phase des Rückgangs in eine Phase mit stabiler Entwicklung der geschätzten Neuaufnahmen übergegangen ist (Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen Nordrhein-Westfalen, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen-Anhalt). Als Ausnahmefall ist in Thüringen ein erneuter Anstieg der täglichen ICU-Neuaufnahmen zu beobachten. In Tabelle 2.1 finden sich detaillierte Angaben zur aktuellsten Entwicklung der Neuaufnahmen, ferner ein Vergleich mit den direkt berichteten ICU-Belegungszahlen der DIVI, mit Angaben zur 7-Tages Inzidenz neu gemeldeter Fälle in der Gesamtbevölkerung und der Bevölkerung über 60 Jahre, sowie die Veränderung der 7-Tages-Inzidenz im Vergleich zur Vorwoche sind in Tabelle 2.1 gegeben.

[3] www.divi.de
4 CODAG Bericht Nr 9: https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/pdfs/codag_bericht_9.pdf

Abbildung 2.3. Geschätzter Verlauf der täglichen Neuaufnahmen in Intensivstationen in den deutschen Bundesländern. Dargestellt sind jeweils die Anzahlen pro 100 000 Einwohner. Die blauen Linien markieren jeweils die geschätzten Punkte der Trendveränderung mit den zugehörigen Konfidenzintervallen.



Es zeigt sich, dass aktuell in allen Bundesländern die 7-Tages Inzidenz der gemeldeten Fälle in der Gruppe der über 60-jährigen unter der Gesamt-Inzidenz liegt. Dies war in vielen Bundesländern während des Höhepunktes der zweiten Welle nicht der Fall, als es viele gemeldete Fälle in den höheren Altersgruppen gab. Entsprechende Grafiken sind auf unsere Website abrufbar[5]. Insgesamt gibt es einen deutlichen Zusammenhang zwischen der aktuellen Inzidenz und der ICU-Belegung in den Bundesländern. Auffällig ist ferner, dass das Bundesland (Thüringen), welches am 2.3. die höchste 7-Tages Inzidenz insgesamt und für die Ü60-Altersgruppe aufwies, auch das einzige war, in dem die Zahl der Neuaufnahmen auf die Intensivstation wieder zunahm. In den Bundesländern, deren 7-Tages Inzidenzen durchwegs unter 100 lagen, war keine Zunahme bei der Zahl der Neuaufnahmen auf die Intensivstation zu erkennen.

Der Zusammenhang zwischen den täglichen Steigungsfaktoren der ICU-Neuaufnahmen und der Veränderung der 7-Tages Inzidenz (bzw. der 7-Tages Inzidenz in den über 60-jährigen) ist allerdings weniger deutlich ausgeprägt. So gibt es sowohl Bundesländer in denen die aktuelle zeitliche Entwicklungen in die gleiche Richtung zeigen, als auch Bundesländer mit unterschiedlichen Veränderungen der 7-Tages Inzidenz und der Anzahl der ICU Aufnahmen.

[5] https://corona.stat.uni-muenchen.de/maps/ (Zeitliche Entwicklung)

Tabelle 2.1. Vergleich verschiedener Indikatoren für das Infektionsgeschehen in den verschiedenen Bundesländern. Angegeben ist das Datum der letzten Trendänderung bei den ICU Neuaufnahmen entsprechend dem Bruchpunktmodell, der aktuelle geschätzte tägliche Steigungsfaktor, die 7-Tages-Inzidenz der gemeldeten Neuinfektionen pro 100 000 Einwohner vom 2.3. und deren Veränderung (als Faktor) im Vergleich zur Vorwoche. Schließlich wird die 7-Tages-Inzidenz in der Risikogruppe der über 60-jährigen mit dem entsprechenden Änderungsfaktor im Vergleich zur Vorwoche angegeben Die Bundesländer sind nach der ICU-Belegung geordnet. Thüringen zeigt als einziges Bundesland eine Steigerung der ICU Neuaufnahmen und hat die höchste ICU-Belegung pro 100.000 Einwohner.

Bundesland	Datum der letzten Änderung ICU-Aufnahmen	aktueller tägl. Steigungs-faktor ICU-Aufnahmen	ICU-. Belegung pro 100.000 EW	7-Tages Inzidenz 2.3.	Änderung der Inzidenz (Faktor)	7-Tages Inzidenz Ü60	Änderung d. Inzidenz Ü60 (Faktor)
Thüringen	13.2.	1.01 (1.00-1.02)	6.61	129.5	1.04	122.8	1.02
Saarland	15.2.	1.00 (0.99-1.00)	5.27	73.1	1.12	53.7	0.91
Berlin-Brandenburg	24.1.	0.98 (0.98-0.98)	5.02	68.6	1.08	60.1	0.92
Sachsen	13.2.	0.99 (0.98-0.99)	4.74	89.0	1.09	72.8	0.99
Hessen	5.2.	0.98 (0.98-0.99)	4.13	67.7	1.08	49.1	0.92
Sachsen-Anhalt	18.2.	0.99 (0.98-1.00)	3.87	94.8	1.05	87.3	1.04
Bayern	18.2.	1.00 (1.00-1.01)	3.46	70.2	1.16	47.5	1.01
Nordrhein-Westfalen	16.2.	1.00 (0.99-1.01)	3.23	67.3	1.07	49.3	0.97
Mecklenburg-Vorpommern	22.2.	1.00 (0.98-1.01)	2.86	70.0	1.00	57.0	0.83
Nieder-sachsen	19.2.	1.00 (1.00-1.01)	2.59	65.3	0.97	44.4	0.85
Schleswig-Holstein	28.1.	0.99 (0.99-0.998)	2.45	47.9	0.95	30.7	0.72
Rheinland-Pfalz	30.1.	0.98 (0.98-0.98)	2.37	51.6	0.95	35.8	1.10
Baden-Württemberg	11.2.	1.00 (0.99-1.01)	2.19	55.3	1.13	39.4	0.90

2.3. Nowcast Todesfälle

Mit den Daten, die das RKI täglich bereitstellt, kann man die Zeitspanne zwischen dem Datum an dem ein COVID-19 Fall registriert wurde, und dem Datum der Meldung eines tödlichen Endes der Krankheit für jeden tödlichen Verlauf bestimmen. Auf diesen Berechnungen basiert das Nowcasting Verfahren von Schneble et. al (2020), welches wir bereits in früheren CODAG-Berichten (Nr. 5 und Nr. 8) erläutert und aktuelle Ergebnisse präsentiert haben. Mit diesem Verfahren können wir die Anzahl der registrierten COVID-19 Infektionen aus den letzten Tagen bzw. Wochen, die einen tödlichen Verlauf haben werden (im Folgenden auch als "tödliche COVID-19 Fälle" bezeichnet), schätzen. Auf Basis dieser Schätzungen ist eine deutlich aktuellere Bewertung des jüngsten Infektionsgeschehens möglich als durch die täglich gemeldeten Todesfälle des RKI. Zudem ist diese Methode weitaus weniger abhängig von Teststrategien, als beispielsweise bei der Bewertung der Infektionslage auf Basis der 7-Tage-Inzidenz.

In Abbildung 2.4 und 2.5 stellen wir für die vergangen acht Wochen, getrennt für die unter 80-Jährigen und die über 80-Jährigen, die Anzahl der bereits gemeldeten Todesfälle (untere rote Linie) und die Schätzung der endgültigen Anzahl an Todesfällen (obere türkise Linie) in Abhängigkeit vom Datum der Registrierung einer COVID-19 Infektion beim örtlichen Gesundheitsamt dar. Dabei ist zu beachten, dass die Unsicherheit der Schätzung (grau schraffierter Bereich) umso größer wird, je weniger das Datum in der Vergangenheit liegt. Die wöchentliche Variation ist auf den Meldeverzug zurückzuführen. Da allgemein weniger COVID-19 Fälle an Sonntagen (visualisiert durch die vertikalen gestrichelten Linien) registriert werden, resultieren daraus auch weniger tödliche Verläufe von Infektionen, die an einem Sonntag gemeldet wurden. Aus diesem Grund ist eine wochenweise Betrachtung anhand der durch die horizontalen gestrichelten Linien plausibler.

Abbildung 2.4. Nowcast der registrierten tödlichen COVID-19 Fälle (bis inklusive Alter 79).

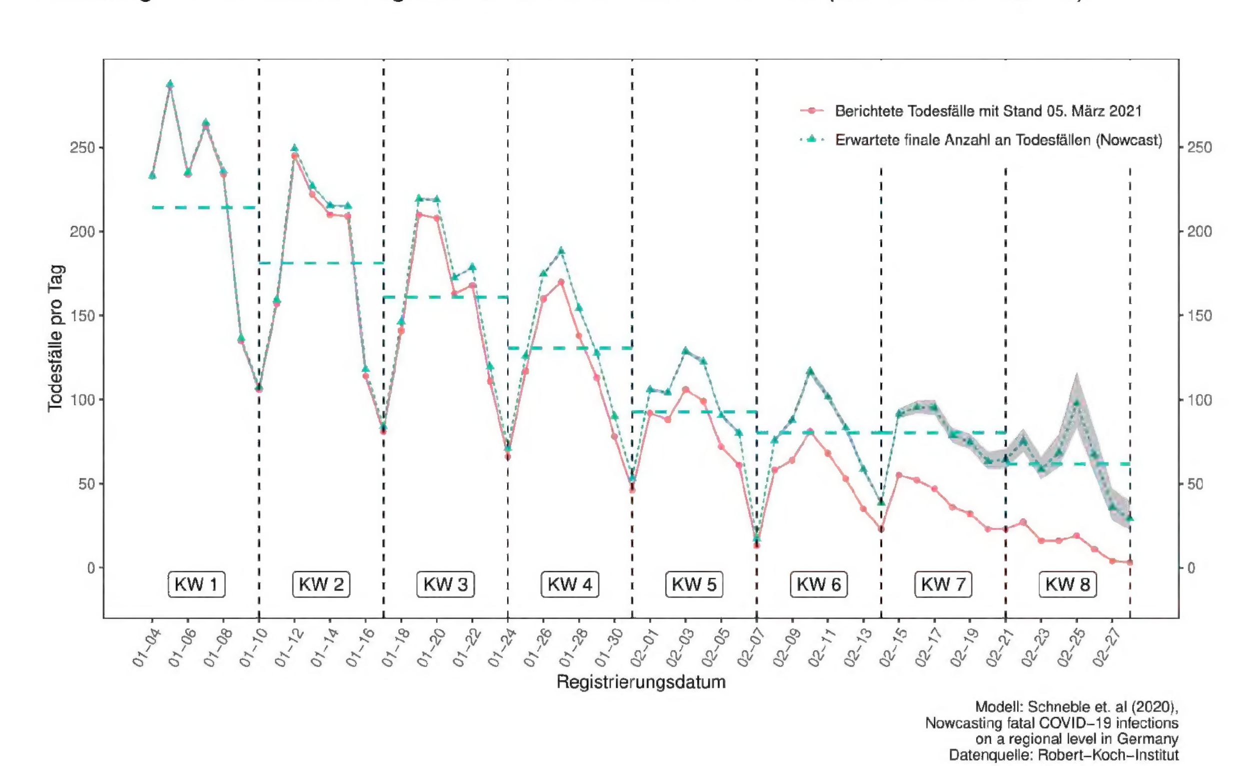
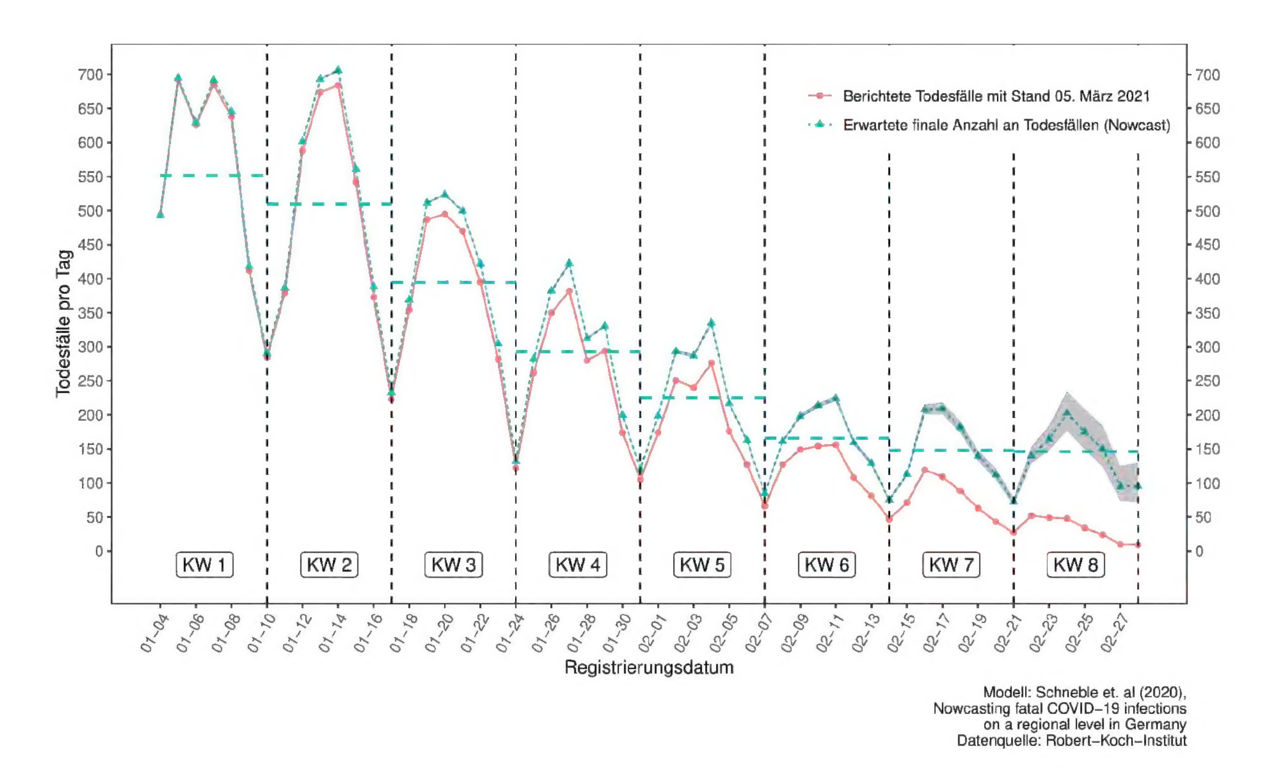


Abbildung 2.5. Nowcast der registrierten tödlichen COVID-19 Fälle (ab Alter 80).



Es ist in beiden betrachteten Altersgruppen zu erkennen, dass die tödlichen COVID-19 Fälle seit dem Beginn des Jahres deutlich abnehmen. Allerdings ist auch hier, ähnlich wie bei den belegten Intensivbetten, eine Verlangsamung des Trends seit Mitte Februar zu beobachten. Bei den unter 80-Jährigen erwarten wir zwar wieder eine deutliche Abnahme in KW 8 im Vergleich zur Vorwoche, allerdings ist dieser Nowcast noch mit größerer Unsicherheit versehen. Generell lässt sich also auf Basis dieses Modells - im Gegensatz zu den vorangegangenen Modellen - noch keine Trendumkehr bei den Todesfällen in Verbindung mit COVID-19 erkennen. Dies passt auch zu den tendenziell sinkenden COVID-19 Inzidenzen in der Altersgruppe der über 60-Jährigen (siehe auch Tabelle 2.1), auf die über 90% der COVID-19 Todesfälle entfallen. Der kombinierte Nowcast für alle Altersgruppen wird wöchentlich aktualisiert und ist auf https://corona.stat.uni-muenchen.de/fatalities/ zu finden.

2.4. Zusammenfassung

Bei eingehender Betrachtung der verschiedenen Indikatoren zum aktuellen Infektionsgeschehen in Deutschland zeigt sich eine Veränderung der Entwicklung ab Anfang/Mitte Februar. Der Rückgang des Infektionsgeschehens seit Dezember, der sowohl bei den gemeldeten Fallzahlen als auch in den Zahlen zur ICU-Auslastung und bei Analyse der gemeldeten Todesfällen klar zu erkennen war, hält nicht mehr an.
Hinweise auf eine erneute Zunahme des Infektionsgeschens lassen sich bei der Analyse der Meldedaten erkennen, die Zahl der geschätzten Neuiinfektionen steigt seit der zweiten Februarwoche wieder leicht an. Am Beispiel von Bayern zeigt sich dabei, dass sich das Infektionsgeschehen zwischen den Altersgruppen unterscheidet, bei der Hochrisikogruppe zeigt sich aktuell kein erneuter Anstieg der Infektionszahlen sondern eine stabile

Entwicklung ohne weiteren Rückgang. Dies passt zur Entwicklung der ICU-Neuaufnahmen in Bayern die ebenfalls nicht rückläufig ist, sondern stabil verläuft.
Die Gründe für diese unterschiedliche Entwicklung des Infektionsgeschehens und der Zahl der Todesfälle können aus unseren Analysen nicht direkt ermittelt werden, eventuell zeigen die Impfungen, sowie ein verbesserter Schutz der älteren Bevölkerung in Pflegeeinrichtungen sowie im privaten Umfeld Wirkung. Zu beachten ist allerdings, dass auch in Welle 1 und 2 das zunehmende Infektionsgeschehen erst mit einer gewissen Verzögerung in der älteren Bevölkerung erkennbar wurde.

Die Frage nach der dritten Welle lässt sich noch nicht klar beantworten. Es gibt deutliche Hinweise auf eine Veränderung des Infektionsgeschehens weg von einem Rückgang und hin in Richtung eines leichten Anstiegs oder einer Stagnation. Dabei gibt es regionale Unterschiede und der Anstieg bei den gemeldeten Infektionszahlen betrifft hauptsächlich die Altersgruppe der unter 60-jährigen. Ein Anstieg der Neuaufnahmen auf ICUs ist bisher nur in Thüringen zu beobachten. Gründe für die allgemeine Entwicklung könnten die zunehmende Verbreitung von ansteckenderen Varianten des Virus sein. Andere mögliche Erklärungen wären eine geringere Bereitschaft der Bevölkerung, die bekannten präventiven Maßnahmen einzuhalten aber auch wetterbedingte Veränderungen (Kälteeinbruch Anfang Februar).

Weiter zu beachten ist, dass sich die Analysen zu den Todesfällen und zu den Aufnahmen auf die ICU auf die zentralen und relevanten Parameter der Pandemie, also Mortalität und schwere Morbidität beziehen. Daher sollten diese Zahlen im Zentrum der Betrachtung, insbesondere bei der Entscheidung über nötige präventive Maßnahmen stehen. Im bisherigen Verlauf der Pandemie waren die Verläufe der gemeldeten Infektionszahlen dem Verlauf der anderen relevanten Kenngrößen zwar ähnlich, aber es gab hier erhebliche regionale Unterschiede. In Zukunft könnte sich der Zusammenhang zwischen den gemeldeten Neuinfektionen und Morbidität und Mortalität verschieben. Einerseits besteht bei der sich verbreitenden Mutation B 1.1.7 möglicherweise ein höheres Risiko der Hospitalisierung (siehe Bager et. al. (2021)). Andererseits kann es Verschiebungen durch das bevorzugte Impfen der Risikopopulation ergeben. Daher sollte auch die gemeldete Inzidenz bei der Gruppe der über 60-jährigen stärker beachtet werden. Weiter ist die Zahl der gemeldeten Infektionen durch die Dunkelziffer beeinflusst. Wenn sich in nächster Zeit durch geplantes intensives Testen (z.B. bei Schülern) die Dunkelziffer verringert, könnte die Betrachtung nur der gemeldeten Inzidenzzahlen zu einer falschen Einschätzung des Infektionsgeschehens führen.

Literatur

Abate, S.M., Mantefardo, B. & Basu, B. *Postoperative mortality among surgical patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis.* Patient Saf Surg 14, 37, 2020.

Bager, Peter et al. Increased Risk of Hospitalisation Associated with Infection with SARS-CoV-2 Lineage B.1.1.7 in Denmark. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3792894 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3792894

Günther, F., Bender, A., Katz, K., Küchenhoff, H., & Höhle, M. *Nowcasting the COVID-19 pandemic in Bavaria*. Biometrical Journal. 2020, https://doi.org/10.1002/bimj.202000112

Günther, F. *Code to estimate the daily numbers of new ICU admissions from the number of occupied beds.* 2021, https://github.com/FelixGuenther/backcalc_icu

Küchenhoff, H., Günther, F., Höhle, M. und Bender, A. *Analysis of the early COVID-19 epidemic curve in Germany by regression models with change points.* medRxiv. 2020, https://doi.org/10.1101/2020.10.29.20222265

Schneble, M., De Nicola, G., Kauermann, G., & Berger, U. *Nowcasting fatal COVID-19 infections on a regional level in Germany.* Biometrical Journal. 2020. https://doi.org/10.1002/bimj.202000143